

## LES DIAGRAMMES THERMODYNAMIQUES DU CORPS PUR.

### I : Le diagramme de Clapeyron (ou diagramme P-v).

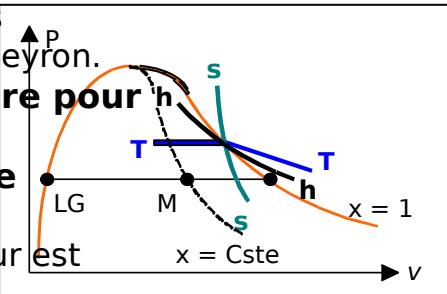
La figure ci-contre rappelle les allures des principales transformations du corps pur en coordonnées de Clapeyron.

On notera qu'une isotherme est aussi une isobare pour un mélange biphasé (liquide - vapeur).

La pente d'une isentropique est toujours supérieure à celle d'une isotherme (valeur absolue) à celle d'une isotherme.

Le taux de vapeur saturante d'un mélange liquide-vapeur est

donné par la règle des moments chimiques



### II : Le diagramme entropique (ou diagramme T-S).

#### 1°) Allure générale:

isotherme: droites horizontales (la nature du fluide).

isentropique: droites verticales (la nature du fluide).

isobare :

- cas d'un fluide homogène constante:

On obtient des arcs d'exponentielles

- cas d'un mélange biphasé: les isobares sont aussi des isothermes représentées par des droites horizontales

- cas du gaz parfait.

Les isobares se déduisent les unes des autres translations // à l'axe des abscisses

isochore:

- cas du fluide homogène constante: on obtient des arcs d'exponentielles de pente de l'isochore étant supérieure à celle de l'isobare passant par le point considéré.

#### Courbes isotropes.

Soit un mélange liquide - vapeur représenté par le point M, à la température T, de titrage

vapeur  $x_v$ . Dans le diagramme entropique, on a (comme dans le diagramme (P,v)):

La construction des lignes isotropes est alors évidente:

1. on trace la courbe de saturation (rosée + ébullition).

2. Pour différentes températures, on trace les différents paliers LG

3.  $x_v$  étant donné, on cherche la position du point M sur [L,G] divisant LG dans un rapport donné.

#### 2°) Calculs de chaleurs échangées.

##### Chaleur reçue lors d'un processus M<sub>1</sub> → M<sub>2</sub>

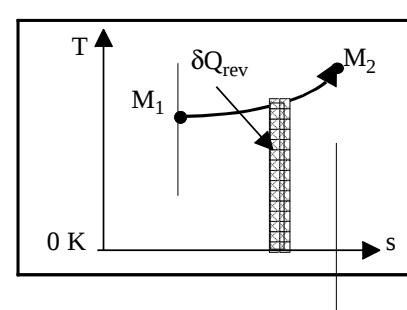
Pour une transformation élémentaire réversible:

$\delta Q_{rev} = TdS =$  aire de la partie hachurée.

Pour la transformation finie M<sub>1</sub> → M<sub>2</sub> :

$|Q_{1 \rightarrow 2}| =$  Aire sous la courbe.

$Q > 0$  si ↗ et  $Q < 0$  si ↘



##### Cas d'un cycle.

$Q_{cycle} = +$  aire du cycle si le cycle est décrit dans le sens horaire

- aire du cycle s'il est décrit dans le sens trigonométrique

## Résultat important:

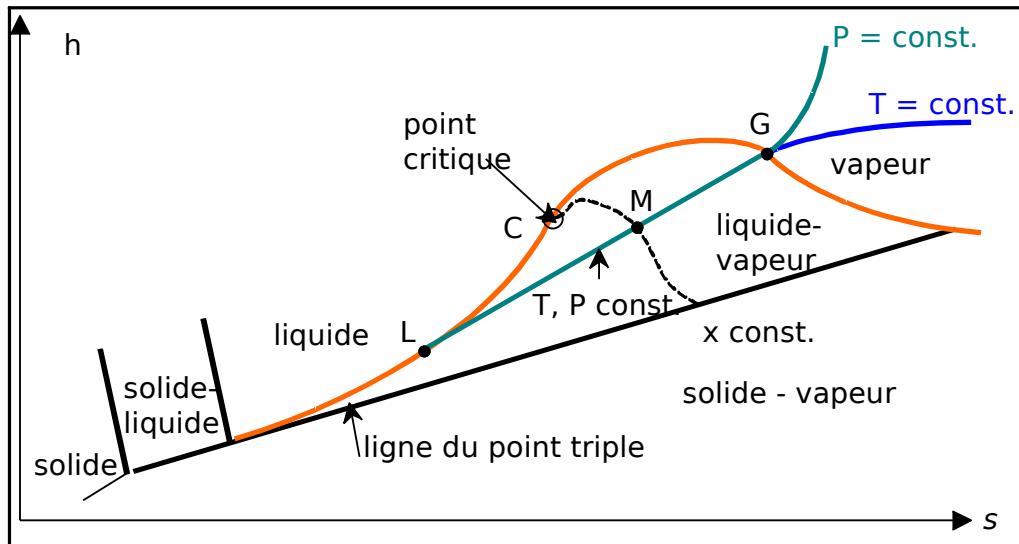
Pour tout système fermé fonctionnant par cycles:  
 Aire du cycle dans le diagramme (P,v) = Aire du cycle dans le diagramme (T,s).

## III : Le diagramme enthalpie-entropie (ou diagramme de Mollier).

C'est au savant allemand MOLLIER qu'on doit la construction (vers 1904) de ce type de diagramme H-S biphasé pour l'eau.

L'origine du diagramme de Mollier ( $s = 0$  et  $h = 0$ ) pour l'eau a été fixée arbitrairement pour l'eau liquide à la température du point  $0,01^\circ\text{C}$ .

Les isobares ont toujours une pente positive dans le diagramme H-S, égale à  $T$ .



Dans le domaine biphasé, les isobares sont des segments de droites, de pente égale à  $T$ .

## Cas du gaz parfait à constante.

Le diagramme H-S s'identifie au diagramme T-S à un changement de l'échelle des ordonnées près ( $h = \text{constante}$ ).

### A noter:

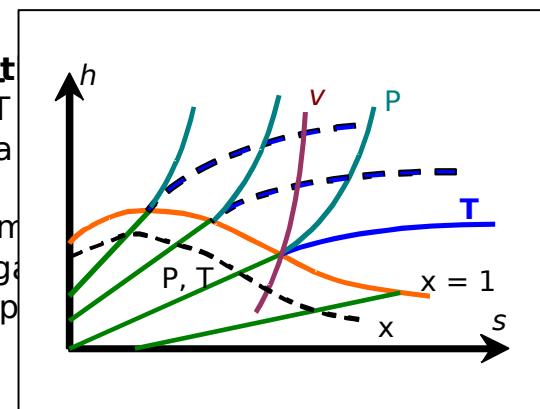
- La **position peu habituelle du point critique** (l'isobare critique a une pente positive égale à  $T$ )
- Les isothermes présentent **point anguleux** à la traversée de la courbe de saturation.
- Loin de la courbe de saturation, les isothermes tendent vers **droites horizontales** (normal, le gaz tend vers le gaz parfait, pour lequel  $H$  est proportionnel à  $T$ ).

### Courbes isotropes.

Le taux de vapeur d'un mélange biphasé est donné également dans le diagramme h-s

$$x_v = \frac{LM}{LG}$$

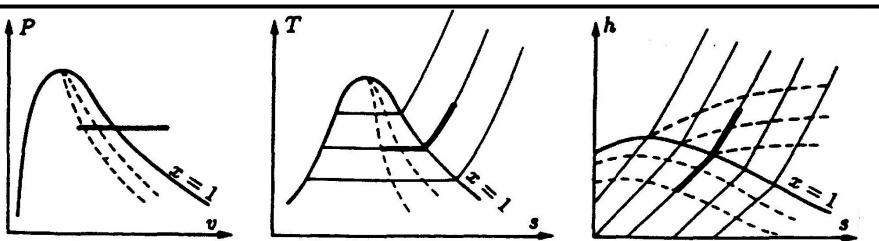
(où  $LG$  est la longueur du palier de changement d'état).



**IV : Allure des principales évolutions dans les différents diagrammes****3/4 Isobare :**

Pour toute machine apportant ou retirant de la chaleur au fluide, sans frottement et sans apport de travail.

*En cas de frottements, il y toujours de la pression*

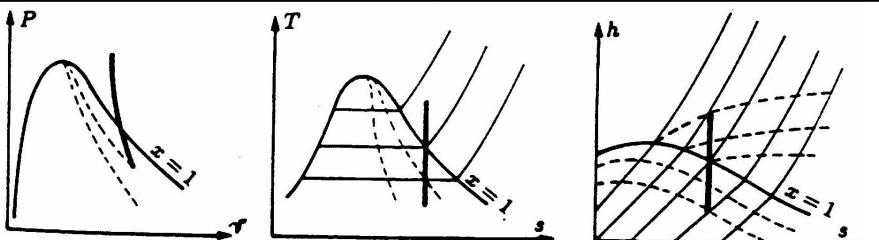


*Exemples chaudière, surchauffeur, condenseur, ...*

**3/4 Isentropique :**

Pour toute machine apportant ou retirant du travail sans frottement et sans apport de chaleur.

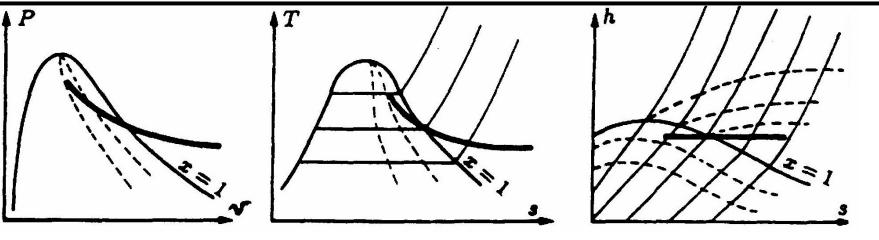
*En cas de frottements, il y toujours de l'entropie.*



*Exemples pompe, turbine, tuyère, compresseur ...*

**3/4 Isenthalpique :**

Évolution avec frottement sans travail ni chaleur apportée.

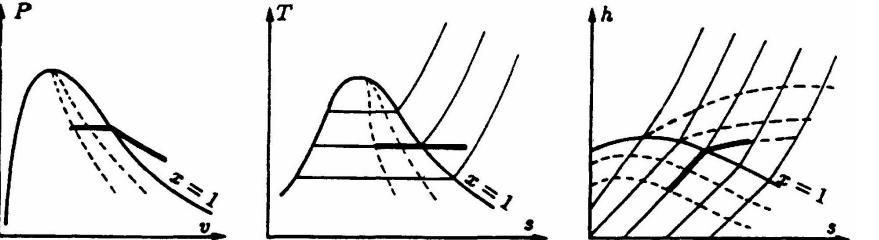


*Exemples détente Joule - Thomson, vannes de détente, ...*

**3/4 Isotherme :**

Évolution rarement rencontrée en pratique, sauf pour les isobares dans les régions biphasées sol - liquide ou liquide - vapeur.

Utilisées dans des cycles théoriques (Carnot, Stirling, ...)

**3/4 Isochore :**

Évolution rencontrée lors de certains phénomènes très rapides (explosions) ou lors des transformations en vase clos (à cuiseur).

